

申請日期:

案號:

類別:

H01Q

001/38

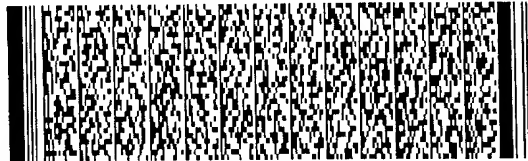
9111547

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

564573

一、 發明名稱	中文	提供天線具有較佳低角度輻射感應性之方法及具有較佳低角度輻射感應性之天線
	英文	A Method of Providing Increased Low-Angle Radiation Sensitivity in an Antenna and an Antenna Having Increased Low-Angle Radiation Sensitivity
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 史文派柏, 丹尼爾 F. 2. 許惠萍 3. 葛雷格 L. 坦哥南 4. 詹姆士 H. 史洽弗能
	姓名 (英文)	1. SIEVENPIPER, Daniel F. 2. Hui-Pin HSU 3. Gregory L. Tangonan 4. James H. Schaffner
	國籍	1. 美國 2. 美國 3. 美國 4. 美國
	住、居所	1. 美國加州90064, 洛杉磯#215, 展覽大道11300號 2. 美國加州91325北方山脈瑞扎大道9360號 3. 美國加利福尼亞州93035歐克斯納德市聖塔羅沙道141號 4. 美國加州91311, 查斯華滋阿拉巴馬10560號
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. HRL 實驗室 LLC
	姓名 (名稱) (英文)	1. HRL LABORATORIES, LLC.
	國籍	1. 美國
	住、居所 (事務所)	1. 美國加州90265-4799, 馬里布市, 馬里布, 坎揚路3011號
	代表人 姓名 (中文)	1. 丹尼爾 R. 艾倫米爾
	代表人 姓名 (英文)	1. Daniel R. Allemeier



本案已向

國(地區)申請專利

美國 US

申請日期

2001/07/13 09/905,796

案號

主張優先權

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無

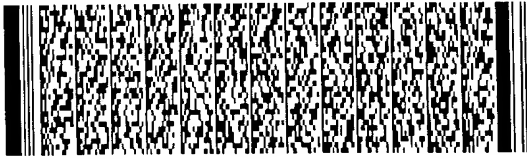
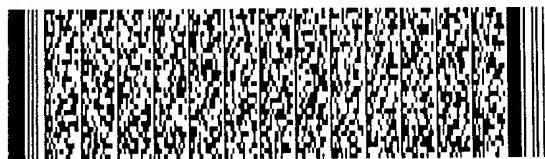


四、中文發明摘要 (發明之名稱：提供天線具有較佳低角度輻射感應性之方法及具有較佳低角度輻射感應性之天線)

一種改良式低角度輻射天線是藉由在高阻抗表面上激發切向電場及漏橫電(transverse-electric)表面波所得。該電場與表面波在一般金屬表面上無法正常地發生。高阻抗區域上的切向電場激發周圍金屬表面之橫磁表面波，為裝置在高阻抗表面之天線的E-平面上提供改良式低角度輻射。漏橫電表面波在天線的H-平面上提供改良式低角度輻射。

英文發明摘要 (發明之名稱：A Method of Providing Increased Low-Angle Radiation Sensitivity in an Antenna and an Antenna Having Increased Low-Angle Radiation Sensitivity)

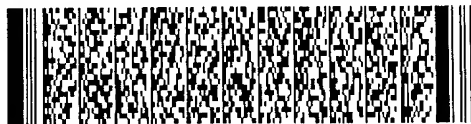
An improved low-angle radiation antenna is obtained through excitation of a tangential electric field on the high-impedance surface, as well as leaky transverse-electric surface waves. Such fields and surface waves cannot normally occur on an ordinary metal surface. The tangential electric field on the high-impedance region excites a transverse-magnetic surface wave on a surrounding metal surface which gives improved low-angle radiation in the E-plane of an antenna disposed on



四、中文發明摘要 (發明之名稱：提供天線具有較佳低角度輻射感應性之方法及具有較佳低角度輻射感應性之天線)

英文發明摘要 (發明之名稱：A Method of Providing Increased Low-Angle Radiation Sensitivity in an Antenna and an Antenna Having Increased Low-Angle Radiation Sensitivity)

the high impedance surface. Leaky transverse-electric surface waves provide improved radiation in the H-plane of the antenna.



五、發明說明 (1)

<發明所屬技術領域>

本發明係有關於薄或低外形(low-profile)天線，且特別有關於具有頗佳輻射能力能在相對於天線主表面低角度下接收與/或發送射頻信號的薄或低外形天線。

<發明之背景與特徵以及相關申請案之交叉參考>

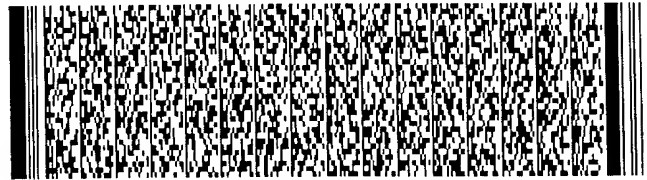
現今在汽車外表看到的標準電信(例如蜂巢式行動電話)的天線為一直立式天線。這種天線呈現許多難題。第一，該天線不適合使用在包括目前GPS(全球定位系統)以及衛星直播服務的衛星通信服務上，因為這些服務可能會倚賴大約位於頭頂上的衛星，而直立式天線在此缺乏感應性。第二，未來的電信系統對天線的需求將更多。如果多個直立式天線被使用以試著應付此需求，許多天線會被安裝在車頂上而且愈要求性能天線的數量也愈增-這會造成天線森林的結果。第三，這些直立式天線(1)難看，(2)易遭受破損毀壞的風險增加而且(3)不符合氣體動力學，尤其當天線數量增加時。第四，直立式天線只對垂直極化射頻信號有效。現代的天線必須能處理垂直與非垂直的發射-衛星發射易於被圓極化。

交通工具例如汽車的理想天線具有以下特性：

(1)擁有很小的外形(以至裝置於陸上交通工具表面上不會有任何明顯地突起)；

(2)能夠處理不同極化方式的射頻信號；以及

(3)具有可接受的低角度(相對於天線的主表面)效能



五、發明說明 (2)

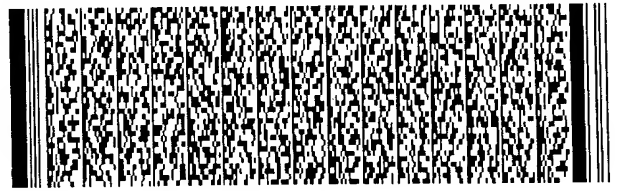
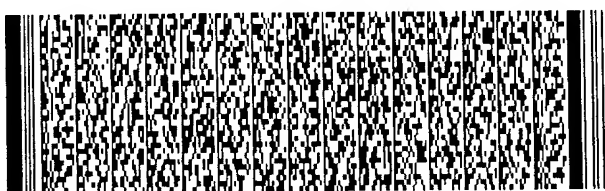
且同時又能處理與位於頭頂之衛星的通信。

本發明具有自低外形天線產生低角度輻射的優點。該天線能水平地裝置而且確實能方便地裝置在像是汽車、卡車、火車和飛機等交通工具外表上面或裏面。隨著將來引進像是第三代蜂巢式行動通信系統的高速第三代無線資料通信系統，將需要天線在靠近地平線附近具有相當大的增益，因為這些系統主要將牽涉到與地面基地台的通信。此外，對於衛星直播與雙向通信系統來說也需要天線自地平線的角度低至30度或更小時具有明顯的增益，同時具有服務位於頭頂衛星的能力。

對於在交通工具內的行動通信使用者而言，一個像上述天線可能的位置是在所有者區域上方交通工具的頂部，那裏提供一寬廣的區域能容納多個天線。然而這牽涉到以低角度越過大金屬表面的輻射，而這是困難的，特別是水平或圓極化。

根據歷史事實，在接近地平線產生明顯天線增益的唯一方法是提供天線具有明顯的垂直高度-通常依該天線設計佔了一波長長度之大部份。使用高垂直天線降低交通工具的氣體動力學表現且對外形美觀的目的而言通常相當地不受歡迎。

本發明提供一種頗佳的替代選擇，因為本發明提供一種具體的方法為水平、垂直，以及圓極化產生低角度輻射同時又維持低外形的形態。使用本技術的天線典型而言垂直高度遠小於四分之一波長。



五、發明說明 (3)

習知技術包括以下的專利申請案：「在金屬上消除表面電流的電路與方法」，該案為西元1998年3月30日申請之美國臨時專利申請序號60/079953，所有人是加州大學洛杉磯分校(UCLA)的D. Sievenpiper與E.

Yablonovitch，該案相對應之PCT之申請為PCT/US99/06884，在西元1999年10月7日以W099/50929發表，此發明在本案中以參考的形式併入。

相關的專利申請案包括所有下列之美國專利申請案在本案中以參考的形式併入：

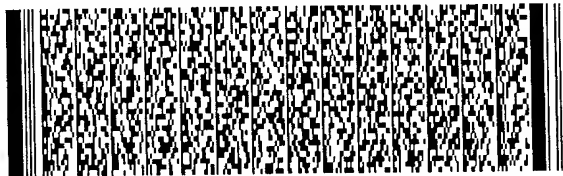
1) 「可調阻抗表面」，由D. Sievenpiper，R. Harvey，G. Tangonan，R. Y. Loo，J. Schaffner於西元2000年3月29日申請，序號為USSN 09/537,923。

2) 「電子可調式反射器」，由D. Sievenpiper，T. Y. Hsu，S. T. Wu，D. M. Pepper於西元2000年3月29日申請，序號為USSN 09/537,922。

3) 「可調阻抗表面」，由D. Sievenpiper，G. Tangonan，R. Loo，J. Schaffner於西元2000年6月8日申請，序號為USSN 09/589,859。

4) 「具可調阻抗表面上之端射天線(End-Fire Antenna)或陣列天線(Array)」，由D. Sievenpiper，J. J. Lee，S. Livingston於西元2000年3月29日申請，序號為USSN 09/537,921。

5) 「在多頻帶上具有高電磁阻抗之結構表面(Textured Surface)」，由D. Sievenpiper，J.



五、發明說明 (4)

Schaffner 於西元2000年11月14日申請，序號為USSN 09/713,119。

6) 「極化轉換反射器」，由D. Sievenpiper, H. P. Hsu 於西元2000年3月8日申請，序號為09/520,503。

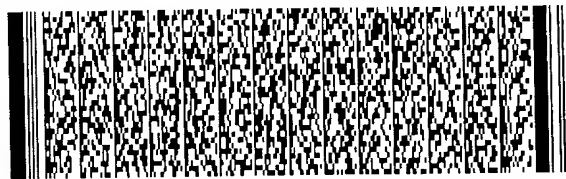
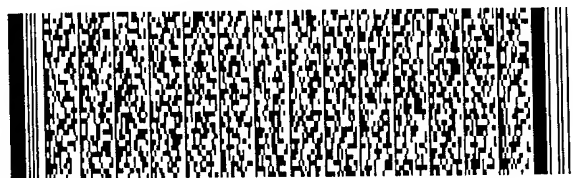
7) 「移動環境下為降低干擾具有轉換波束分集 (Switched Beam Diversity) 之平面天線」，由D. Sievenpiper, H. P. Hsu, G. Tangonan 於西元2000年3月15日申請，美國專利申請序號為09/525,831。

8) 「Vivaldi 四葉苜蓿形 (Cloverleaf) 天線」，由D. Sievenpiper 於西元2000年3月15日申請，序號為09/525,832。

9) 「用以整合新穎且高效率可重設 (Reconfigurable) 天線陣列與射頻MEMs轉換之低成本HDMI-D包裝方法以及高阻抗表面」，由D. Sievenpiper, A. Schmitz, J. Schaffner, G. Tangonan, T. Y. Hsu, R. Y. Loo, R. S. Miles 於西元2001年7月13日申請，序號為USSN09/904,035 (Attorney Docket 617346-1)。

10) 「多頻帶，波束轉換操作之可重設天線」，由J. Schaffner, D. Sievenpiper, J. Lynch, R. Y. Loo 於西元2000年8月1日申請，序號為USSN 09/629,681。

11) 「低外形，多天線模組與整合進交通工具之方法」，由D. Sievenpiper, H. P. Hsu, J. Schaffner, G. Tangonan 於西元2001年7月13日申請，序號為USSN 09/905,157，該案與本申請案 (Attorney Docket 618359)

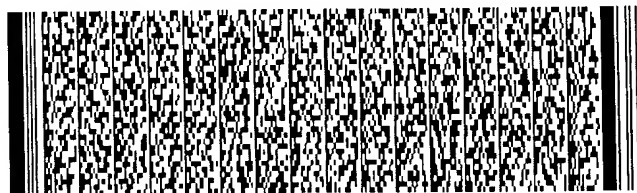
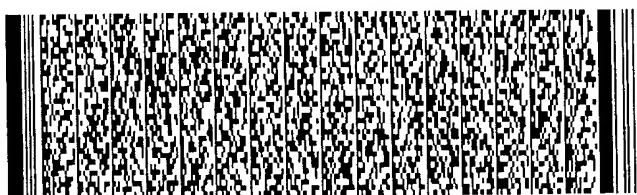


五、發明說明 (5)

同日申請。

根據以上簡單地討論，隨著寬頻無線通信系統的出現，能應付嚴格性能要求的天線需求於焉而生。同時，交通工具的形態與/或氣體動力學的需求禁止使用具有多垂直天線突出於交通工具表面難看的「天線農場或森林」。因此，新天線必須既有增加處理現代寬頻無線通信系統的功能，又要有低外形且必須與交通工具的外形有一致整體感(conformable)。在許多狀況下，這兩種需求是相互衝突的。舉例來說，在現代通信系統中，一位行動通信使用者與一個或更多基地台通信，使用者必須在或靠近地平線上輻射能量且典型而言在微波頻率上。對於像是蜂巢式行動電話的手機而言，這很容易藉由能產生幾乎是全向輻射場型的垂直鞭形天線來達成。對於交通工具的天線來說，典型地會裝置在車頂上以達到不妨礙所有方位角度的覆蓋範圍，而一大片金屬接地平面複雜了此情況。在此事例中，一垂直單極天線對垂直極化仍然足夠。然而，當更多功能加進天線中，像是分集合併(diversity combining)，或波束成形(beamforming)，多個單極天線就需要了，結果造成一難看且不符合氣體動力學的「天線農場或森林」。再者，如果需要水平極化或圓極化，垂直單極天線就不是一個可行的選擇。

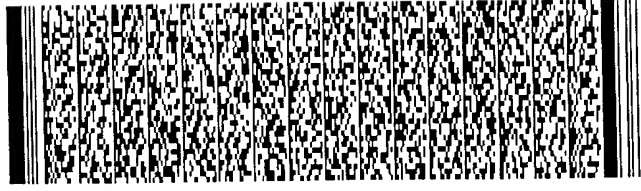
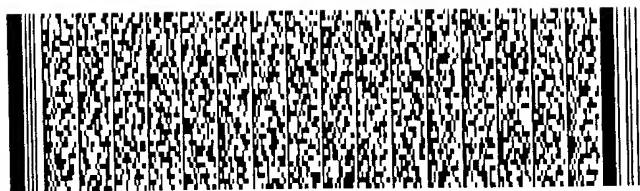
其它亦存在有低外形與具有產生任何所想要極化之能力的天線。這種天線最常見的例子是貼片天線(patch antenna)，此天線包括一小平板形狀金屬藉由一薄的介電



五、發明說明 (6)

質層與接地平面隔開。貼片天線的一個缺點是該天線不能在低角度下有效地輻射，卻在垂直於接地平面的方向輻射出大部份的能量。這對許多低外形的天線來說都是事實，特別是那些水平極化或圓極化(在相差90度相角的水平與垂直極化包含有等同部份)。這原因在於導體接地平面不允許在其表面上有切向電場存在。為了在低角度(相對於接地平面)輻射，天線必須能夠產生一平行或幾乎平行於金屬本身而掠過金屬表面的波。這可被認為是一種表面波。垂直極化輻射可能發生在地平線上，假如該接地平面提供橫磁(TM)表面波。相反地，水平極化輻射可能發生在低角度，假如該接地平面提供橫電(TE)表面波。該平板金屬表面不提供TE表面波傳遞的事實與自傳統低外形天線水平極化不可能有低角度輻射的事實是相一致的。只有當傳統天線被明顯地自其接地平面架高才能夠在低角度做有效地輻射。從另一個觀點來說，該天線在接地平面的有效影像(image)消除了該天線在水平極化之下的輻射。

該問題之一種可能的解決方法係使用一高阻抗(Hi-Z)表面做為接地平面。該高阻抗表面包括一金屬平片，上面覆蓋了可被當成LC電路分析的一個二元陣列共振器，該共振器之共振頻率由片電感值(sheet inductance)L與片電容值(sheet capacitance)C所決定。靠近該共振頻率，該表面提供一個與一般金屬表面相反的電磁邊界條件，表現正如一有效之磁導體。讀者被指引至另一以上曾提到同時待審的申請案以及PCT公告W099/50929同樣以上曾提到之



五、發明說明 (7)

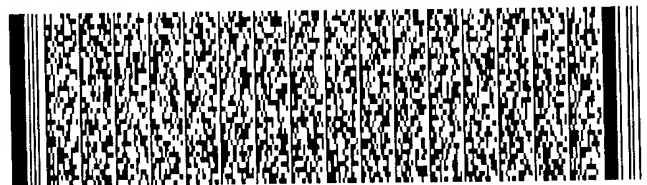
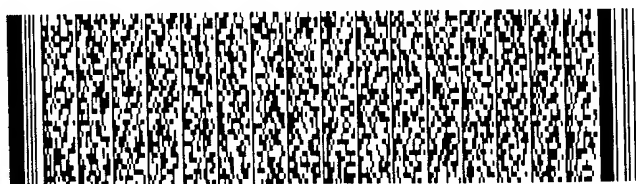
有關高阻抗(Hi-Z)表面的附加資訊。對於產生低角度、水平極化輻射，這似乎是一個好的選擇。然而，在該傳統形式裡，高阻抗表面無法像金屬表面一樣達成此任務。這理由是靠近共振頻率時，高阻抗表面同時抑制TE與TM表面波。因此，在那種表面的天線無法產生任一種極化的低角度輻射，取而代之的是輻射大部份的能量在與主表面垂直的方向上。

然而，與本發明有所關聯，建造一種天線在低角度下能一起產生水平與垂直極化是可能被建造的這個裁定，是透過兩個不明顯觀察了解到的：

(1) 高阻抗表面在高於共振頻率提供漏TE表面波(leaky TE surface waves)，該表面波能使用於產生水平極化低角度輻射；以及

(2) 這些漏TE表面波能耦合到附近金屬上之TM表面波以在低角度下產生垂直極化輻射。因此，藉由高阻抗表面與低阻抗表面(金屬)適當的組合，吾人可以建造一同時能水平與垂直極化之低角度輻射天線。

已知在習知技術中的一種一般的天線是貼片天線(patch antenna)，如第1a圖與第1b圖所示。此天線包括一小型金屬10，通常是圓形或長方形，與一做為其接地平面14之較大金屬片相平行放置。薄的絕緣體12將該天線與該接地平面隔離，而此絕緣體的厚度遠小於四分之一波長。如這些圖所示，在該貼片天線的主動元件10上通常被同軸線16饋入，而同軸線之中心導體被連接至饋入點18；

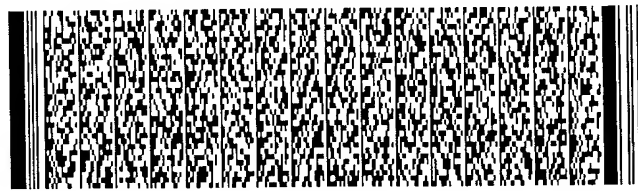
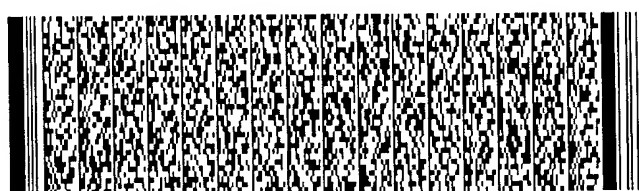


五、發明說明 (8)

然而，其它種類的饋入方式可能被使用，像是微帶饋入 (microstrip feed)，或是孔徑耦合饋入 (aperture coupled feed)。貼片的長度通常等於 $l/2n$ ，其中 n 為基質材料的折射率 (refractive index)。因此，對一具有較高折射率 (或介電常數 dielectric constant) 的基質，貼片天線可以被製造得較短。該天線充當半波長共振空腔，且在該天線共振頻率附近之一窄頻帶輻射。此習知技術貼片天線的一種典型的輻射場型如第2圖所示。在第2圖中，E 平面以一細線表示，而 H 平面以一粗線表示。在兩平面中，輻射強度在水平面附近有趨近於零的傾向，且垂直於該表面附近具有最大值。在此實施例中，貼片天線 10 裝置在一正方形邊長為 24 英吋 (61 公分) 的金屬接地平面 18 上方。

當該貼片天線是低外形且適於裝置在交通工具的外表，產生低角度輻射並不十分有效，特別在水平極化下。這個原因是金屬接地平面的存在，該平面抑制了具有平行金屬表面方向電場之電磁波的傳遞。

一種替代第 1a 圖與第 1b 圖之習知技術貼片天線的選擇是如第 3a 圖與第 3b 圖所示之高阻抗 (H_i-Z) 表面 30，與具有合適的天線元件 10 配置其上。該 H_i-Z 表面 30 包括一金屬表面或接地平面 14 被一二元方格金屬共振元件 20 覆蓋，該二元方格金屬共振元件像是「圖釘」自該金屬接地平面 14 突出。在靠近共振頻率時，該 H_i-Z 表面 30 提供一邊界條件與一平導體表面該有的相反。這允許了像是如第 3a 圖與第 3b



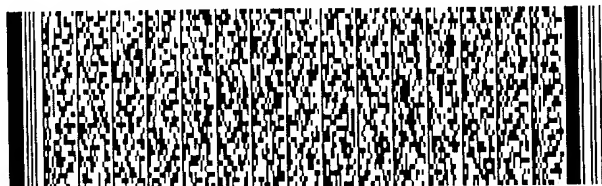
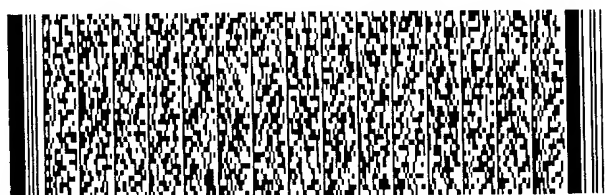
五、發明說明 (9)

圖所繪之天線元件10的天線元件直接緊鄰置於Hi-Z表面30而不至於短路，導致天線遠小於四分之一波長厚，卻能有效地在特定頻帶輻射。像該種天線元件的一個例子如第3a圖與第3b圖所示之水平彎線(bent-wire)天線10，但其它形式的天線也可以取代使用，包括一個或更多個貼片天線。一彎線天線典型地有三分之一至一半波長且包括一自該表面的背面到前面延伸的線(該延伸線可能是一同軸電纜的中心導體)，該線彎至與該表面平行。超過一個天線可以被使用於該表面，而且，一般而言，超過一個天線會被使用。這麼做以提供一種特定想要的輻射場型，或者幾種不同的輻射場型，以至吾人可在這些輻射場型中轉換。天線10的操作頻率由該Hi-Z表面30的特性來決定，特別是其片電容值(sheet capacitance)與片電感值(sheet inductance)，和天線10的大小尺寸。對於一具有片電容

值C，與片電感值L的表面來說，該共振頻率會是 $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

，且該頻寬會是 $BW = \frac{\sqrt{L/C}}{377}$ 。

如第3b圖所示，描繪天線元件10以其中心導體連接到該天線元件10上饋入點18的方式耦合至同軸線16；然而其它種類的饋入也可能被使用，像是微帶饋入(a microstrip feed)或孔徑耦合饋入(an aperture couple feed)。在饋入點18原本會有金屬共振元件20的地方在此實施例中省略以至於該饋入點18不與接地平面14短路。亦



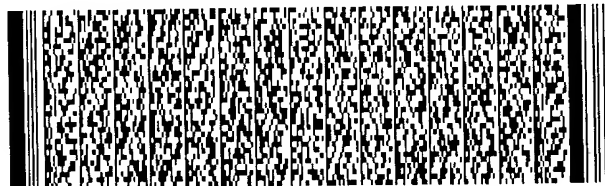
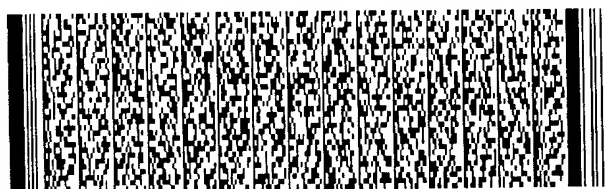
五、發明說明 (10)

即該饋入點18可被設置於共振元件20之間。該金屬共振元件在一實際的實施例中會遠小於繪於第3a圖與第3b圖中的金屬共振元件而它們在這些圖中之所以被放大是為了易於說明。元件20的大小尺寸被之前所提到的頻率(與頻寬)所大大地控制了而該頻率(與頻寬)即在該Hi-Z表面操作時被之前所提到的方程式所控制。

接近共振頻率時，Hi-Z表面30具有附加的特性能抑制表面波的傳遞。在許多的天線應用中這是一個較佳的特性，因為天線不會在金屬物體上或附近激發不想要的電流。這對電磁干擾(EMI)的消滅會特別地重要，而且電磁相容性(EMC)考量上最好將附近電子裝置或其它附近天線間耦合總量最小化。為了達成此目標，一傳統Hi-Z表面被使用於天線10之下或周圍而該天線10就操作在該Hi-Z表面的共振頻率上或附近。

< 本發明概述 >

本發明的一種形態提供了一技術以製造一電氣特性薄的天線比其它同外形天線具較佳低角度輻射。這是藉由使用被較大金屬表面區域包圍之高阻抗表面區域來達成。產生改良之低角度輻射是透過在高阻抗表面激發切向電場與漏橫電表面波來達成。此電場與表面波在一般金屬上無法正常發生。在高阻抗區域上的切向電場激發一橫磁表面波於周圍金屬表面上，如此在天線的E-平面上能給予改良的低角度輻射。漏橫電表面波在天線的H-平面上提供改良的



五、發明說明 (11)

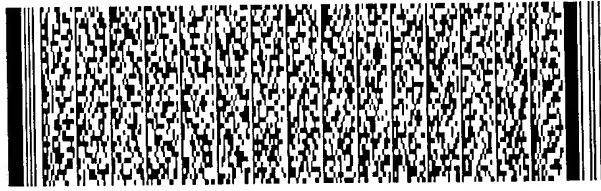
輻射。

本發明的一個創新特徵是基於使用高阻抗(Hi-Z)表面在其正常操作區域(表面波頻帶間隙)之外而操作於一不同區域(橫電表面波區域)。取代試著去抑制表面波，正如在傳統Hi-Z表面所常做的，本發明根據其一種型態利用Hi-Z表面藉由不使用在抑制其表面波的頻率區域，卻使用在能提供漏TE表面波的頻率區域以達到改良低角度輻射的目的。因此，本發明的一個形態包括(1)使用一高阻抗表面(就單獨而言可能屬傳統設計)在其通常操作模式之外的頻率，以及(2)一幾何構成包括高阻抗表面與低阻抗(例如金屬)表面的組合以設計達到想要的低角度輻射場型。

<本發明較佳實施例詳細說明>

在某些情況下，最好增強表面電流或激發它們至比一般天線所可能有的較大等級。實驗上發現這也可以使用傳統Hi-Z表面做到，藉由將其操作在非正常使用的頻帶，亦即，在一漏TE波範圍。實驗表現的結果表示於第4a-4c圖中。參照第4c圖所見，H-平面輻射場型與貼片天線的類似，但E-平面場型在接近地平面表現了極大加強的輻射。E-平面是包含線而與表面相垂直的平面。H-平面與表面和線兩者皆垂直。

一實驗表現如下：受測天線由一約4公分長之細線構成。該天線被置於12公分乘12公分的Hi-Z表面30的中央，而Hi-Z表面30被置於60公分乘60公分金屬接地平面40的中

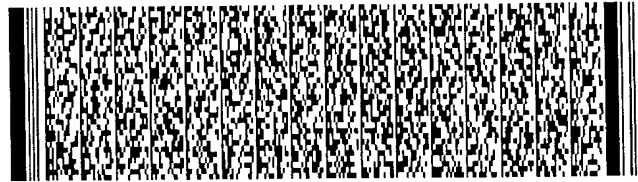
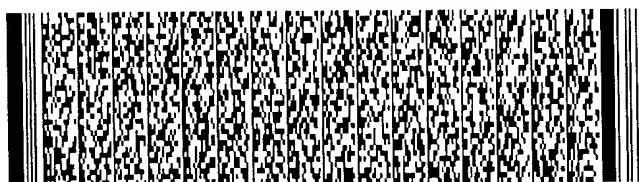


五、發明說明 (12)

央。此特定Hi-Z表面的共振頻率大約是2.05千兆赫(GHz)。天線約操作在2.20千兆赫(GHz)，接近表面能提供漏TE波之頻帶間隙(band gap)的上緣。表面的回損(return loss)表示於第4a圖，而且天線在正常方向上的增益表示於第4b圖中。從第4a圖和第4b圖很明顯地可知，該天線操作在接近其操作範圍的上部以獲得於此所描述的結果。天線操作在如第4a圖之垂直線的頻率上。此頻率接近該頻帶間隙的上緣，這也是天線操作頻帶的上緣。在此範圍中，Hi-Z表面提供了允許達到較大低角度輻射的漏TE表面波。使用於此實驗的天線被描繪於第3a圖，第3b圖和第7圖中。

Hi-Z表面30能夠相當的薄。在高度上具有小於0.1的厚度更佳。一Hi-Z表面能被製造得比0.1更厚些，但是厚度愈厚則該天線愈不傾向於符合氣體動力學且/或愈難以將其以符合氣體動力學之形式裝置於交通工具上。該線天線(wire antenna)10與可能替代線天線的其它天線可能比該Hi-Z表面30更薄，因為它們能被任何方便厚度的金屬薄片或箔片提供當它們被直接裝置在該Hi-Z表面30上且被該Hi-Z表面30所支撐。結果，所有該天線的厚度很可能小於0.1。是該天線操作頻率的波長。對於上面提到之2.2千兆赫(GHz)天線，約有12公分(cm)。該天線的厚度可在1毫米(mm)的等級。

第4b圖描繪先前描述之線天線在前向的增益。在該天線操作頻帶的上頻率範圍，可藉由耦合漏TE表面波獲得較

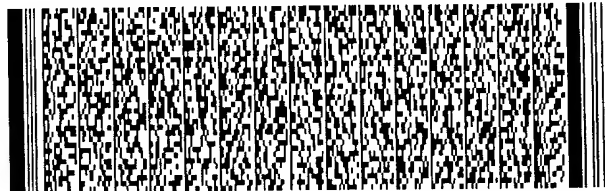
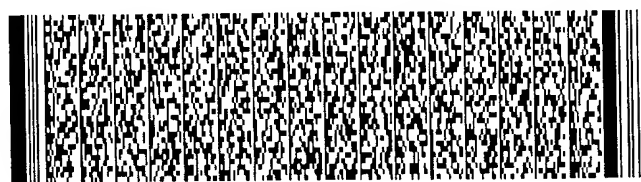


五、發明說明 (13)

佳低角度輻射(正如其中所描述),如此可在周圍金屬接地平面上接著激發TM表面波。

第4c圖描繪在該60公分乘60公分金屬接地平面上正方形高阻抗表面天線的輻射場型。該E-平面場型以一細線表示,而該H-平面場型以一粗線表示。該H-平面場型與之前討論之貼片天線的很像,而該E-平面場型在低角度輻射上表現出顯著的改良。此原因在於藉耦合Hi-Z表面上的切向電場到相鄰金屬表面上的TM表面波。這可由該E-平面輻射場型的漣波得以證明,該漣波指出表面波的存在。

在E-平面增強低角度輻射的理由可藉由考慮第5圖來了解,第5圖為在Hi-Z表面上之表面波的色散圖(dispersion diagram)。在第5圖中TM模式以虛線表示,而TE模式以點虛線表示。一標示 $\omega=k$ 的對角線指出在自由空間中光線的行為。存在於該對角線左側的TE模式是漏波(leaky waves),且可自該表面輻射,而在對角線(或光線)右側的TE模式被該表面所限制。典型地來說,Hi-Z表面使用在標示為BG(BG代表頻帶間隙且用於描繪習知技術頻帶間隙操作之較佳操作區域)區域內的共振頻率(標示為 ω_0)附近。對改良的低角度輻射而言,高阻抗表面卻操作在LA(LA代表低角度),該區域以C點為中心,C點是該TE頻帶與對角線(或光線)之交會點。低於共振頻率 ω_0 (在BG區域),該平面提供TM表面波,其磁場橫向於傳遞方向而平行於該天線之主表面。高於共振頻率,該表面提供TE表面波,其電場橫向於傳遞方向而平行於該天線之主表面。



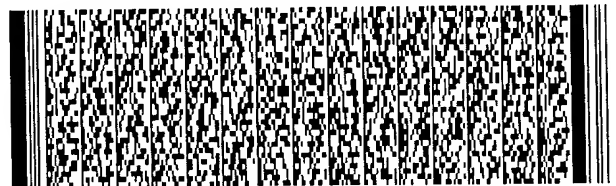
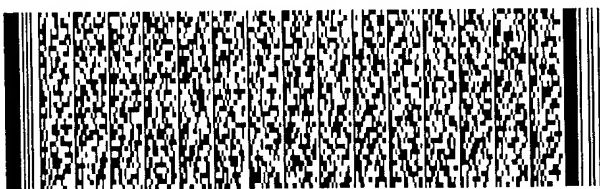
五、發明說明 (14)

TE表面波正常來說並不在平坦導體表面上傳遞，因為導體禁止在其表面上存在切向電場。那樣的波只能在具有電容性阻抗的表面傳遞，正如Hi-Z表面操作在高於其共振頻率上。在正常(習知技術)的操作下，使用Hi-Z表面的較佳區域在既不提供TM也不提供TE表面波的頻帶間隙區域BG中，或在該TE頻帶的較低部分，在該區TE表面波自該表面以接近垂直於該表面的方向快速輻射出來。

該頻帶間隙區域向上延伸至該TE頻帶與光線交會點C。然而，設計者典型地會試著留在具有少或無TE波區域的靠近中間至較低部分區域。該頻帶間隙的較佳部分即為第5圖之BG區域。該LA區域因此自該頻帶間隙區域之較高部分往高於該頻帶間隙區域延伸，此區域係TE頻帶與光線交會處。

在習知技術中，Hi-Z表面會被使用在BG頻率範圍中、在該頻帶間隙的下半部、或者在漏TE波區域的較低部分，即TE波自表面快速輻射的地方。與本發明一致，Hi-Z表面卻操作在該頻帶間隙之較高部份或者高於該區域(在LA區域)，此區域漏TE波更靠近表面的邊界，因此能越過表面傳遞更遠的距離。這些波事實上能用於增加低角度輻射，而此正是本發明的一個重要特徵。

依照本發明之一形態，一Hi-Z表面操作在LA區域，該區域可能定義在 $f_{upper} \pm BW/4$ 的區域，其中 f_{upper} 定義為點C對應的頻率(即該頻帶間隙的上限點)且BW為該頻帶間隙的頻寬(Band Width)。此定義轉換成下述LA區域頻帶的定



五、發明說明 (15)

義：

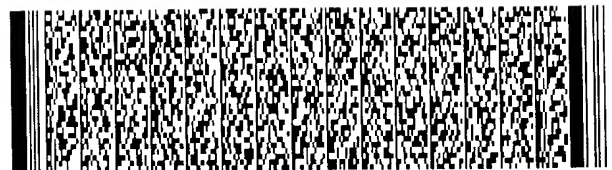
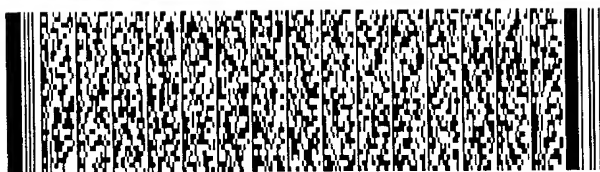
$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{\sqrt{LIC}}{(4)(377)} < f < \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{3\sqrt{LIC}}{(4)(377)}$$

其中C=片電容值以及L=片電感值。

在此LA頻率範圍，表面提供TE表面波，且這些表面波不會自表面快速地輻射，卻緊鄰該表面傳遞且漸漸地漏出。這允許天線能產生增強的低角度輻射。

第6圖表示在Hi-Z表面30上之線天線10。該線天線當操作在LA區域激發漏TE表面波，這些漏TE表面波在越過表面傳遞時輻射開來。此幾何形狀能在H-平面造成較佳低角度輻射。該TE波將在H-平面上造成低角度輻射，除非，如實驗中所決定的，高阻抗表面30是小尺寸(在一邊約有一個λ長)且被依較大區域的一般金屬40(第7與第8圖)所圍繞。

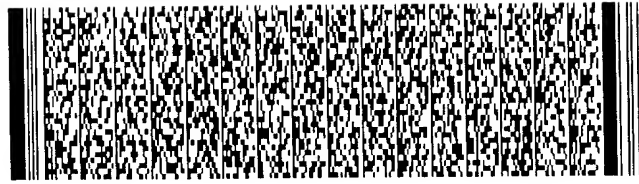
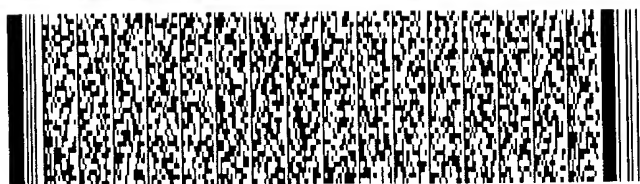
如第6圖所示，前述之解釋建議前述實驗之天線應在H-平面(TE波傳遞的平面)具增強低角度輻射。然而，反而在E-平面(TM波傳遞的平面)發現增強的輻射。這理由是使用在實驗中的Hi-Z表面30的面積是12平方公分，或在2.5千兆赫大約為一平方波長。在之後的實驗中，藉由增加該方向上Hi-Z表面尺寸，H-平面也能獲得低角度輻射。在最初的實驗中，該表面只有約一平方波長，這對最初期待的結果而言並不夠大。在之後的實驗中，該高阻抗30在寬度上(即在H-平面上)應該約3波長(3λ)以產生水平極化的低角度輻射。



五、發明說明 (16)

如第7圖所示，Hi-Z表面30被一較大的金屬40所圍繞。為了耦合在此二表面30、40之間發生，它們應彼此接觸或有效地接觸已使電流自一表面流至另一表面。Hi-Z表面可能配置在接地平面40之上且可能配置在接地平面的開口上，只要Hi-Z表面30的接地平面14與接地平面40是電氣連續的。在第7圖中，相較起來較小的區域Hi-Z表面30提供小線天線10在相較起來較大的金屬接地平面40。在本實施例中Hi-Z表面30沿其邊緣有一波長(1λ)的尺寸等級。如之前所提到的，對於以上所討論H-平面的改良，Hi-Z表面30最好在寬度上應寬於或等於 3λ ，此實施例表示於第8圖中(以下將更完整的討論)。在此兩個任一例子中，較大金屬接地平面40至少有兩波長(2λ)寬但最好有多個波長寬。因此，基於至此所呈現的資訊當中Hi-Z表面30最好有 $1\lambda:1\lambda$ 至 $1\lambda:3\lambda$ 範圍的尺寸(長度:寬度)。正如即將看到的，這個範圍事實上有點大了些。

Hi-Z表面30提供TE表面波，但是，由於此表面相較為較小尺寸，表面波在天線的表面上只以一簡單的駐切向電場出現。此電場能耦合出TM表面波，這由圍繞的金屬表面所提供，且在E-平面上造成增強的低角度輻射。只要有足夠大的切向電場於Hi-Z表面30之邊緣35與周圍表面金屬接地平面40接觸，這樣的結果就會發生。這可能需要Hi-Z表面30在E-平面方向上夠小，以致漏TE波在輻射出去之前能「到達」邊緣35。基於實驗所呈現的，如果Hi-Z表面30於E-平面方向上有 $1/2$ 波長(0.5λ)寬等級時，耦合動作表現



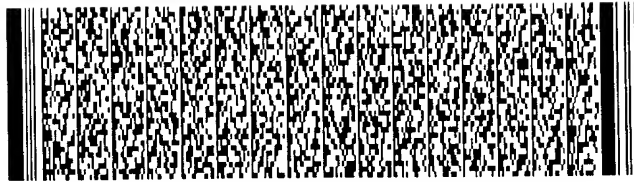
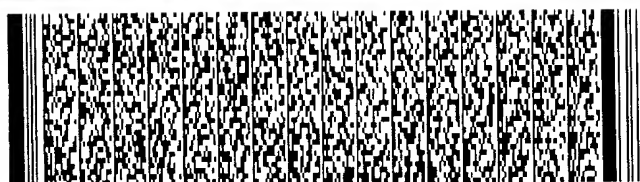
五、發明說明 (17)

良好。表面30可以較大些或較小些而效果仍然會達到，只要天線10操作在相對於Hi-Z表面30之共振頻率 ω_0 的LA頻率範圍。因此，高阻抗表面最好具有長度在 0.5λ 至 1λ 範圍以產生垂直極化的低角度輻射，且最好具有寬度在 1λ 至 3λ 的範圍以產生水平極化的低角度輻射。Hi-Z表面30的長度對寬度尺寸最好落於以下的範圍： $0.5\lambda : 1\lambda$ 至 $1\lambda : 3\lambda$ （長度：寬度）。必須了解長度與寬度之尺寸能稍微落於此範圍外且天線將以輻射場型展示想要的特性，只要天線操作於前述之Hi-Z表面30的LA區域。然而，相信最好的結果發生在：(1)Hi-Z表面30之長度對寬度的尺寸落在 $0.5\lambda : 1\lambda$ 至 $1\lambda : 3\lambda$ 的範圍內，以及(2)天線操作在Hi-Z表面30的LA區域。

波定義為會洩漏的(leaky)如果它們能自表面輻射。對一個以 $E(x) = Ce^{j(k+j\gamma)x}$ 來描述的波來說當 γ 在 k 的等級中它是會洩漏的。

Hi-Z 30較佳的尺寸範圍與接地平面40描繪在第10圖中，這將會在以下更完整地討論。而且，必須了解當接地平面在一邊最好有至少兩波長的尺寸，實際上它傾向於更大於此且可能最好不是正方形的。例如，假使Hi-Z表面30裝置在裝載貨物或旅客之飛機的機翼或機身上，飛機的機翼或機身可能適用為接地平面，其中機翼或機身在尺寸上會是許多波長且其形狀不會是正方形。如即將看到的Hi-Z表面30與接地平面40的形狀並不被認為要特別地挑剔。

導體，且最好是金屬的表面40最好完全圍繞Hi-Z表面



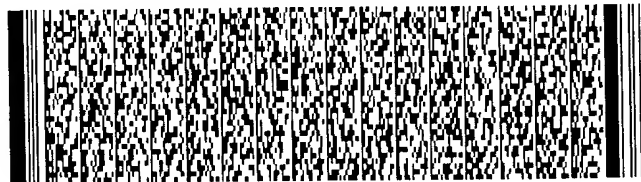
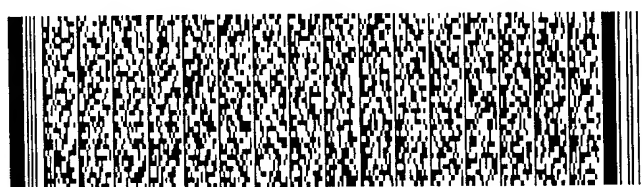
五、發明說明 (18)

30。然而，似乎在導電表面的間隙是可被容許而因此導電表面40並不需要完全圍繞Hi-Z表面。同時，吾人相信如果導電表面40能完全圍繞Hi-Z表面是比較好的。

描述一傳遞表面波當只傳遞小於一波長距離是沒什麼意義的，駐切向電場覆蓋Hi-Z表面30區域且停止在Hi-Z 30與金屬40的介面35的這種情況是較好的。此切向電場無法傳遞越過金屬因為它是低阻抗的，所以H-平面的低角度輻射是微弱的。然而，此駐切向電場理想地適合產生一TM表面波於周圍金屬上，此表面波將以一低角度在E-平面的方向傳遞。Hi-Z表面30有效的做為金屬表面40上的孔徑，以提供一駐切向電場覆蓋整個Hi-Z表面30區域。

據此，舉例當天線置於汽車上，在所有者隔間上方的金屬可能做為接地平面於是成為一輻射元件。為保持RF自旅客隔間輻射出來Hi-Z表面的第二區域50或損耗材料可能提供在接近車頂的邊緣(即在接地平面40的周圍)以阻絕表面電流超出周圍傳遞。在第10圖中不只有較佳Hi-Z表面與接地平面40的尺寸以波長來表示，第二區域50也以較佳的 0.5λ 寬度(或更寬)邊緣圍繞接地平面40來描繪。在之前飛機的例子中，在給定接地尺寸下，預期傳遞進入旅客隔間可能最小值(de minimis)。然而，如果它並非最小值(de minimis)則Hi-Z平面第二區域50或損耗材料可能就需要在接近接地平面40的周圍邊緣提供。

這結果可再考慮第5圖很容易的了解，該圖表示Hi-Z表面30之表面波色散圖。表面30提供低於頻帶間隙之TM



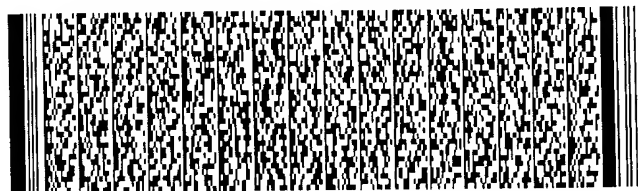
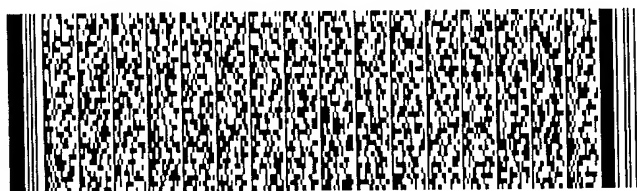
五、發明說明 (19)

波，頻帶間隙的中心頻率約在共振頻率 ω_0 。表面30提供高於頻帶間隙之TE波，TE波以表面為限。在頻帶間隙中也提供TE表面波，但它們以漏波存在並快速地自表面30輻射。在一大表面上，這些漏TE波在H-平面上產生低角度輻射，如第6圖所示。然而，第7圖表示最初實驗的幾何形狀。如果Hi-Z表面是小的，這些漏TE波簡單地在表面上形成駐切向電場。換句話說如果他們傳遞的距離比一波長還短，以傳遞波描述並沒有意義。如此切向電場會存在TM表面波於周圍金屬40上，簡單的說這是一般金屬上發生的正常表面電流。此電流沿E-平面以相對於地平線之低角度傳遞。

損耗材料被定義為材料的損耗角正切(電、磁或電與磁兩者)明顯的大於0且最好接近1。

下一個實驗表示於第8圖中。在此實驗中Hi-Z表面30製成的尺寸使得沿H-平面的長度比沿E-平面長三倍。E-平面的尺寸為 1λ 當H-平面尺寸為 3λ 。這延長的高阻抗區域允許了漏TE波再遇上周圍金屬表面40以前傳遞過一較長距離。如果表面30能提供漏TE波在到達周圍金屬40以前具有足夠傳遞距離，這導致H-平面低角度輻射的改良結果。電流也在周圍金屬產生，導致E-平面有低角度輻射。

第7圖和第8圖建議此天線是方向性的，而本例的確是。所以，交通工具可能理所當然地有許多這樣的天線且最好提供分集控制在天線系統中或其它例如能組合訊號的方法中，第13圖，出自美國專利申請案，與本申請案同日



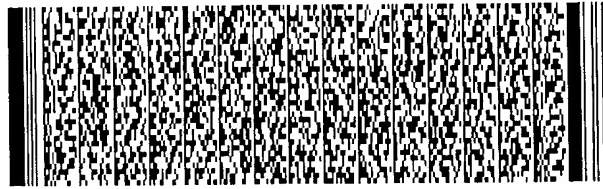
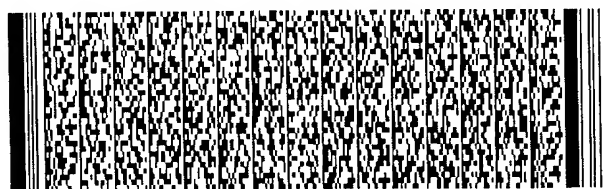
五、發明說明 (20)

提出申請，標題為「同時應用衛星與陸地系統的通訊」(Attorney Docket 618378-3)，該案之發明在此以參考的形式合併於本文中。

其結果輻射場型表示於第9圖中。H-平面確實表現出改良的低角度輻射，然而E-平面的全場型比起窄Hi-Z表面的要減小。這個理由是當在H-平面沿表面傳遞時，它們同相地前進，以致表面波的多個部分看到不同的相位。結果，Hi-Z表面的邊緣發射TM波至周圍金屬並不是一常數相位。這對來自Hi-Z表面邊緣輻射的不同部分之間造成破壞性的干擾。結果至E-平面的輻射減少了。一般而言輻射場型表示E-平面和H-平面的折衷，此折衷是藉由調整Hi-Z表面長度來控制的。

第9圖中的E-平面以一細線表示，而H-平面以一粗線表示。天線藉由允許TE表面波傳遞一較長距離而在H-平面達到改良的低角度輻射。在E-平面上低角度輻射相較於較短Hi-Z表面的例子來說減少了，因為TE波前進相位通過Hi-Z表面較長的距離傾向在E-平面上產生破壞性干擾。

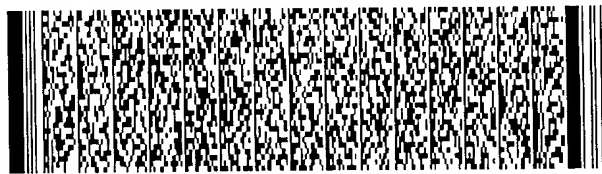
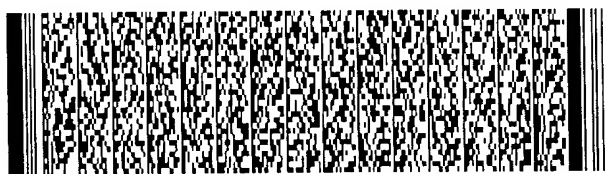
第10圖是該天線的概略平面圖，表示出Hi-Z表面30、接地平面40與周圍邊緣50的較佳尺寸範圍。Hi-Z 30表面最好至少 2λ 寬以及至少 $\lambda/2$ 高而最好有 λ 高。接地平面40最好延長至少有 λ 的距離以超出平行於線天線10縱軸方向之Hi-Z表面30的邊緣。周圍邊緣50最好以一Hi-Z表面材料或損耗材料形成且延長至少 $\lambda/2$ 的距離以超出平行於線天線10縱軸方向之接地平面40的邊緣。



五、發明說明 (21)

本發明中我們已描述了多個天線包括正方形或長方形 Hi-Z 表面圍繞了一般金屬的例子。應用以上描述的觀念，其它幾何形狀可能提供適合的輻射場型，這對於那些習知此技術者來說，是很明顯的。目前考慮第10圖，沒有特別的理由發明的天線不能用於圓形至橢圓形的 Hi-Z 表面30。其它形狀無疑的也是合適的。本發明背後基本的想法是基於漏TE波可能用於提供改良低角度輻射至E-平面或H-平面的事實認知。基於此，本發明例子中使用之幾何形狀在本發明中並不受限。再者，在本發明的實施例中，表面30只與一個彎曲線天線一起出現，因為在測試中只用了一個彎曲線天線在 Hi-Z 表面30。然而，在商業應用上使用多天線是被期待的，而且/或者本發明除了彎曲線天線之外將使用於連接其它形式的天線。舉例來說，考慮到貼片天線與喇叭凹型天線取代本發明當中的線天線而使用於特定實施例中。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。



圖式簡單說明

第1a圖為一貼片天線之概略表示平面圖；

第1b圖為第1a圖之貼片天線的側剖面圖；

第2圖為第1a圖與第1b圖表示之習知技術貼片天線的典型輻射場型；

第3a圖為習知技術配置在天線上高阻抗(Hi-Z)表面之概略表示平面圖；

第3b圖為習知技術配置在天線上高阻抗(Hi-Z)表面之側剖面圖；

第4a-4c圖表示最初實驗其中所描述與天線相關的結果；

第5圖為一Hi-Z表面上之表面波的色散圖(dispersion diagram)；

第6圖描繪一小線天線於一大Hi-Z表面上；

第7圖表示第6圖之Hi-Z表面被一較大金屬表面所圍繞；

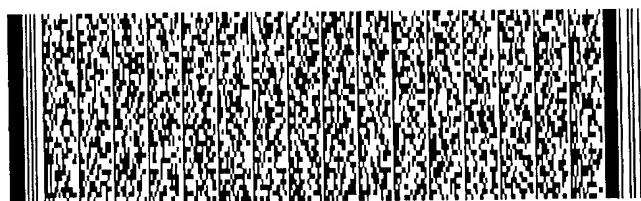
第8圖描繪另一個改良的高阻抗表面天線，此天線在E-平面與H-平面皆提供改良之低角度輻射；

第9圖為第8圖之延長Hi-Z表面的輻射場型；以及

第10圖為配置在一金屬表面上之較佳延長Hi-Z表面的平面圖，該金屬表面接著最好被一Hi-Z或損耗材料所圍繞。

<符號說明>

10~天線元件；



圖式簡單說明

- 12~ 絕緣體；
- 18~ 饋入點；
- 14~ 接地平面；
- 16~ 同軸線；
- 20~ 金屬共振元件；
- 30~ 高阻抗(Hi-Z)表面；
- 35~ 邊緣；
- 40~ 金屬接地平面；
- 50~ Hi-Z 表面的第二邊緣區域。



六、申請專利範圍

1. 一種製造細、低角度輻射天線的方法，包括以下步驟：

(a) 大體地以一具有低阻抗表面之較大導體表面圍繞一高阻抗表面；以及

(b) 配置至少一天線元件在該高阻抗表面上，該天線具有一操作頻率，該頻率在一頻率範圍內，該頻率範圍讓該高阻抗表面提供橫電(TE)表面波且耦合該橫電(TE)表面波至橫磁(TM)表面波在該導體表面上。

2. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該高阻抗表面的區域完全被該較大導體表面圍繞。

3. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該高阻抗表面具有一片電容C與一片電感L，且該天線的操作頻率落在以下的範圍：

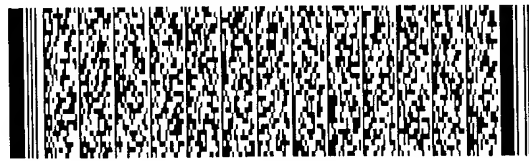
$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{\sqrt{LIC}}{4.377} \text{ 至 } \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{3\sqrt{LIC}}{4.377}。$$

4. 如申請專利範圍第1項所述之方法，更包括以一高阻抗或損耗性材料的邊緣帶狀大體地圍繞該導體表面。

5. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該高阻抗表面具有一長寬比在 $0.5\lambda : 1\lambda$ 至 $1\lambda : 3\lambda$ 的範圍且厚度小於 0.1λ ，其中 λ 表示該天線操作頻率的波長。

6. 如申請專利範圍第1項所述之方法，其中該導體表面是一金屬表面。

7. 一種具有較佳低角度輻射感應性之天線，包括：



六、申請專利範圍

(a) 一接地平面；

(b) 一高阻抗表面，配置於該接地平面上或於其中；

(c) 至少一天線元件，配置於該高阻抗表面上，該天線元件大小為可操作於一操作頻率之尺寸；

(d) 該高阻抗表面具有一片電容C和一片電感L，且該天線元件的操作頻率落於一範圍如下：

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{\sqrt{LIC}}{4.377} \text{ 至 } \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{3\sqrt{LIC}}{4.377}。$$

8. 如申請專利範圍第7項所述之天線，其中該高阻抗表面具有長度在 0.5λ 至 1λ 的範圍、寬度在 1λ 至 3λ 的範圍以及厚度小於 0.1λ ，其中 λ 表示該天線元件操作頻率的波長。

9. 如申請專利範圍第7項所述之天線，其中該接地平面圍繞該高阻抗表面。

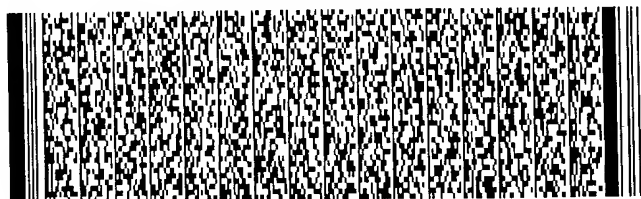
10. 如申請專利範圍第7項所述之天線，其中一高阻抗或損耗性材料的邊緣配置在且超過至少該接地平面週邊的一部份。

11. 如申請專利範圍第7項所述之天線，其中該天線元件是一線天線(a wire antenna)。

12. 一種天線，包括：

(a) 一相對較小之高阻抗表面；

(b) 一相對較大之導體表面，至少部分圍繞該相對較小之高阻抗表面；以及



六、申請專利範圍

(c) 至少一天線元件，配置於該高阻抗表面，該天線具有一操作頻率在符合一條件之頻率範圍內，該條件為該高阻抗表面提供橫電(TE)表面波且耦合橫電(TE)表面波至橫磁(TM)表面波於該導體表面上。

13. 如申請專利範圍第12項所述之天線，其中該高阻抗表面被該相對較大之導體表面完全圍繞。

14. 如申請專利範圍第12項所述之天線，其中該高阻抗表面具有一個片電容C和一個片電感L，且該天線元件的操作頻率落於一範圍如下：

$$\frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{\sqrt{LIC}}{4 \cdot 377} \text{ 至 } \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} + \frac{3\sqrt{LIC}}{4 \cdot 377}。$$

15. 如申請專利範圍第12項所述之天線，更包括一高阻抗或損耗性材料之邊緣帶狀大體地圍繞該導體表面。

16. 如申請專利範圍第12項所述之天線，其中該高阻抗表面具有長度在 0.5λ 至 1λ 的範圍與寬度在 1λ 至 3λ 的範圍，其中 λ 表示該天線元件操作頻率的波長。

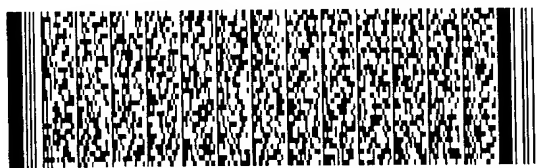
17. 如申請專利範圍第16項所述之天線，其中該高阻抗表面具有小於 0.1λ 之厚度。

18. 一種天線操作之方法，包括以下步驟：

配置一高阻抗表面與一相對較大之低阻抗表面相鄰；

配置至少一天線元件於該高阻抗表面上；以及

激發該高阻抗表面上之該至少一天線元件於一頻帶，該頻帶中心在該高阻抗表面色散圖的一點上，該點對應至



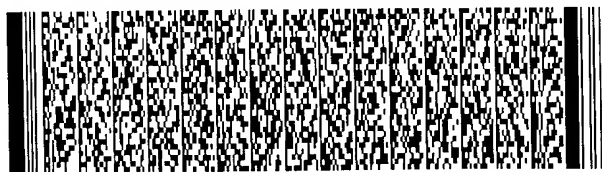
六、申請專利範圍

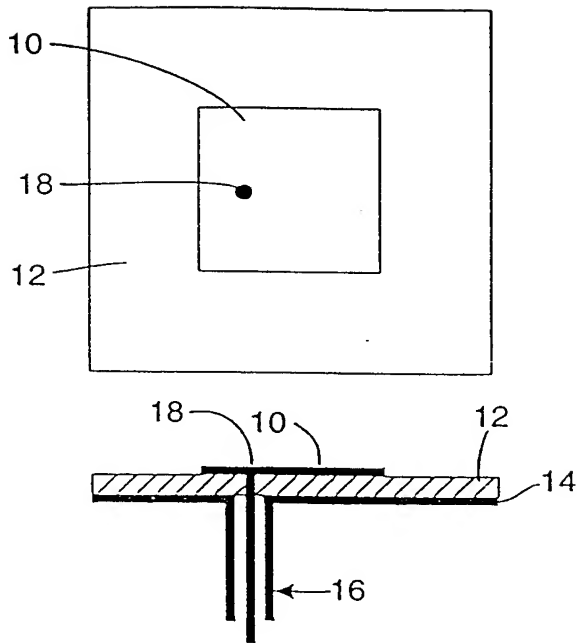
該高阻抗表面之橫電(TE)頻帶線與一條指示在自由空間中光線行為之光線之交會處。

19. 如申請專利範圍第18項所述之方法，其中該頻帶在該高阻抗表面之一傳統操作頻帶之外，該方法提供一增強的低角度輻射場型，這是相較於激發該至少一天線元件在該傳統頻帶中而言。

20. 如申請專利範圍第18項所述之方法，其中該高阻抗表面具有長度在 0.5λ 至 1λ 的範圍與寬度在 1λ 至 3λ 的範圍，其中 λ 表示在該頻帶中的波長，此頻帶的中心在該高阻抗表面色散圖的該點上。

21. 如申請專利範圍第18項所述之方法，其中該高阻抗表面配置於該相對較大之低阻抗表面上。

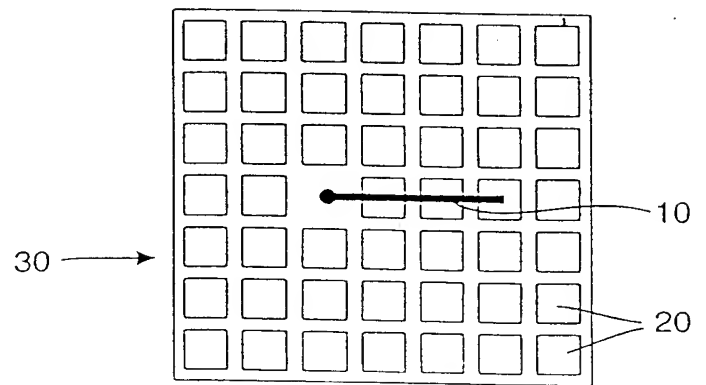




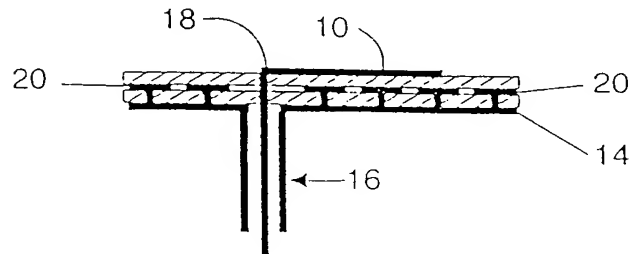
第 1a 圖

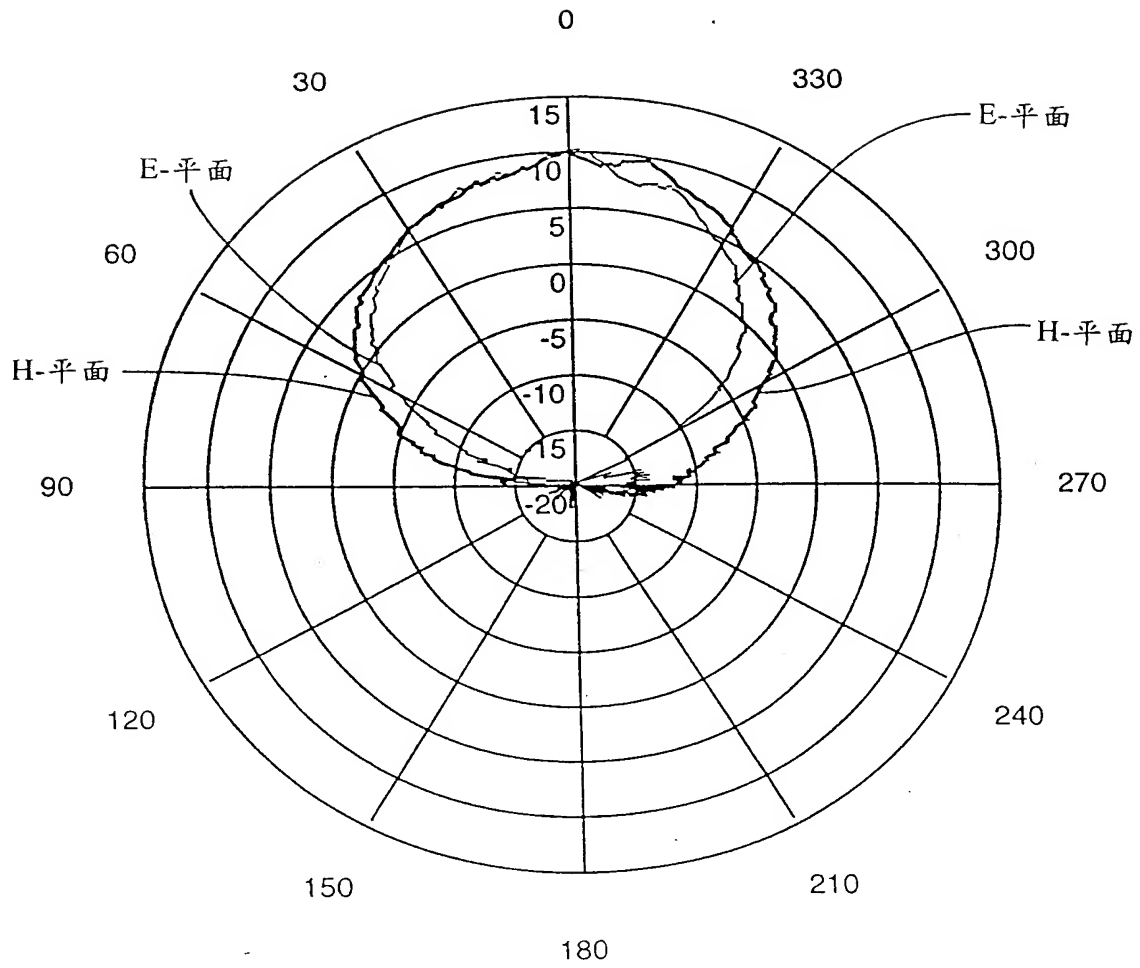
第 1b 圖

第 3a 圖

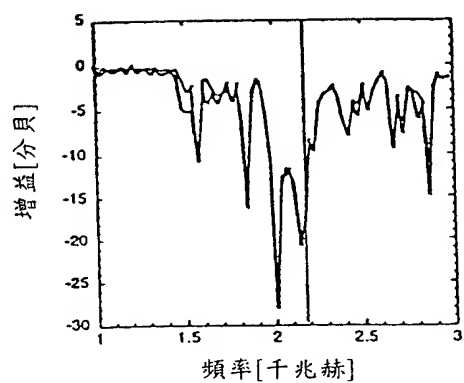


第 3b 圖

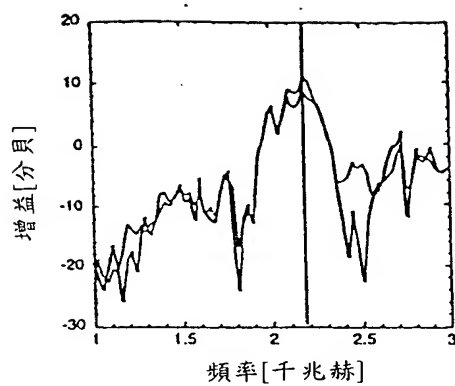




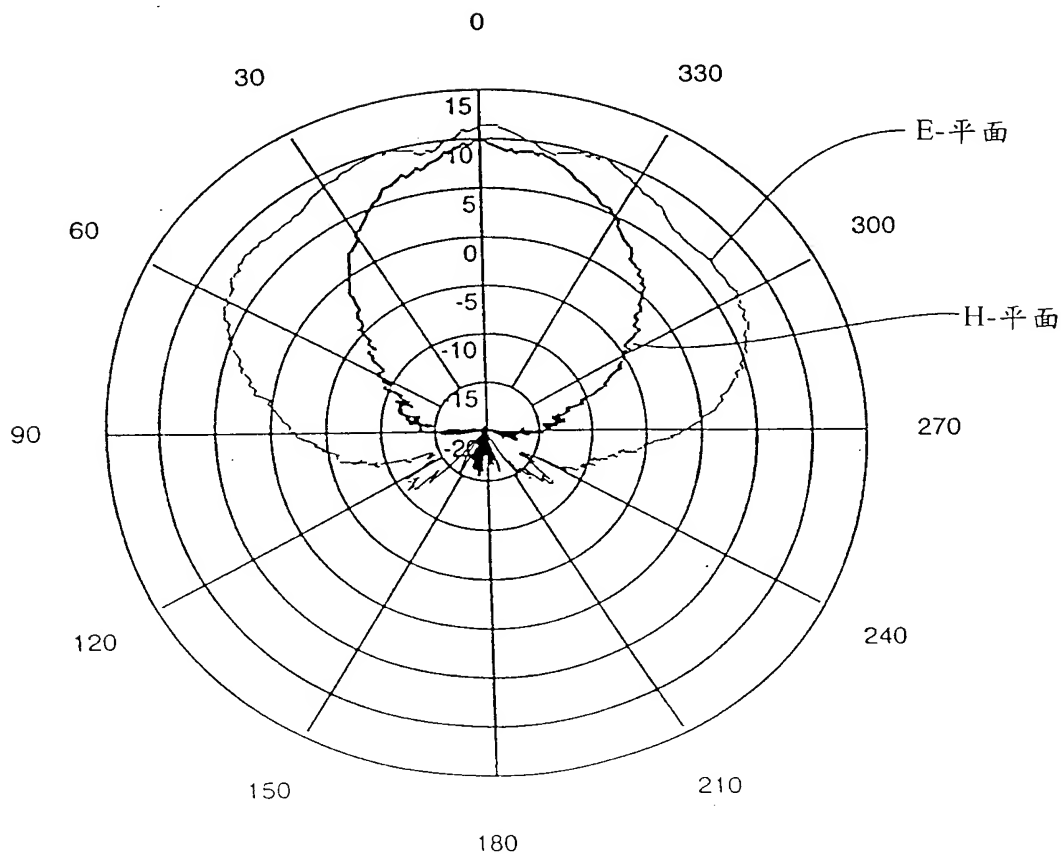
第 2 圖



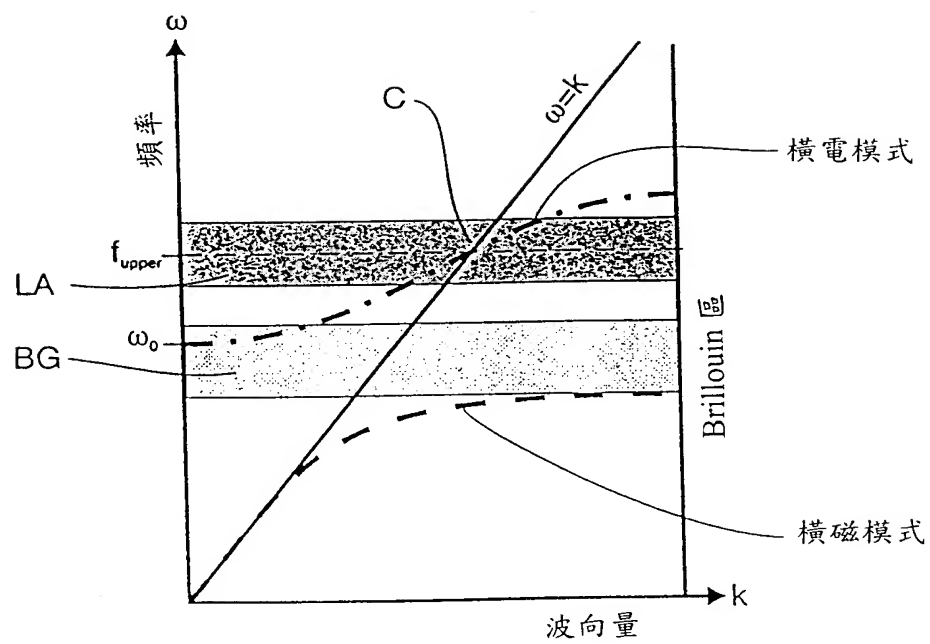
第 4a 圖



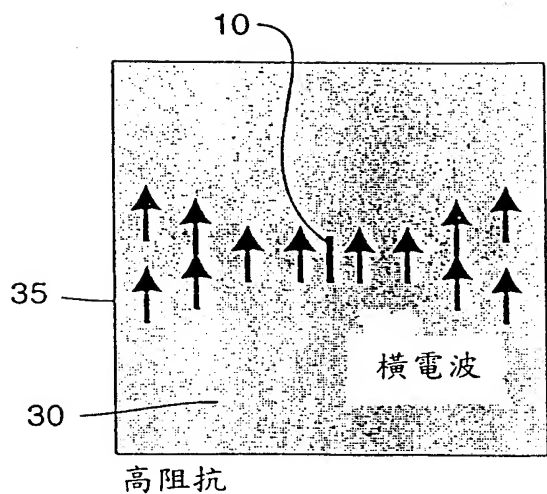
第 4b 圖



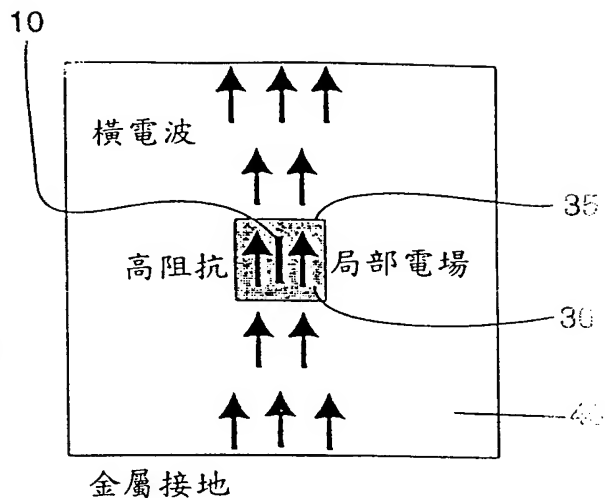
第 4c 圖



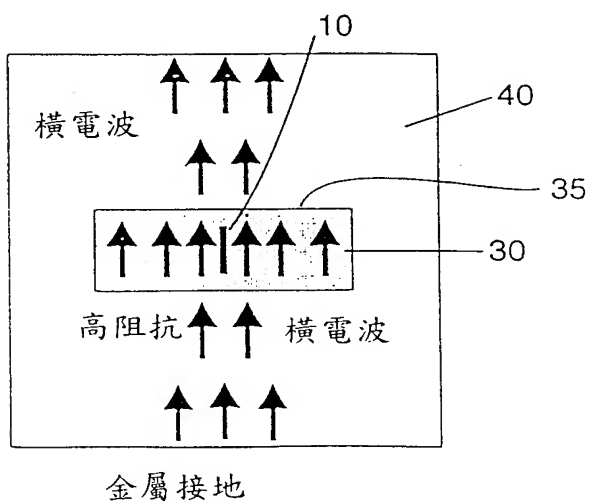
第 5 圖



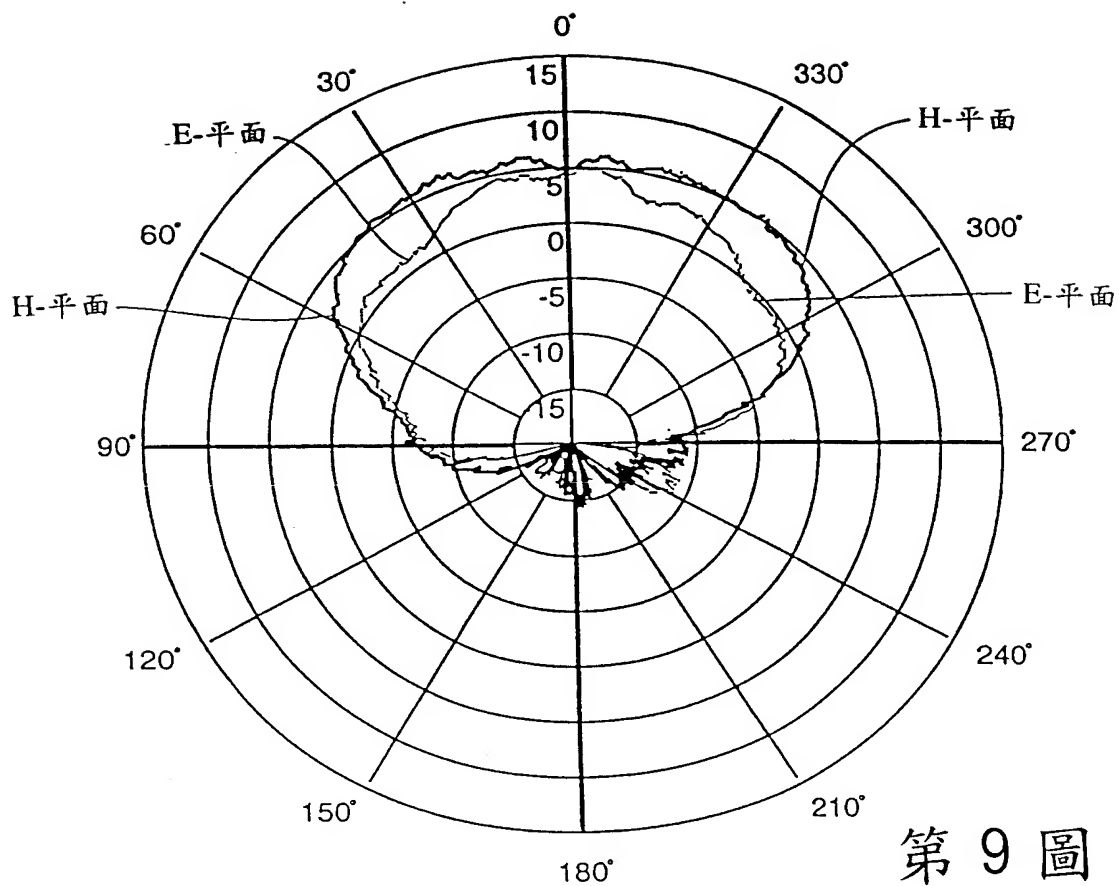
第 6 圖



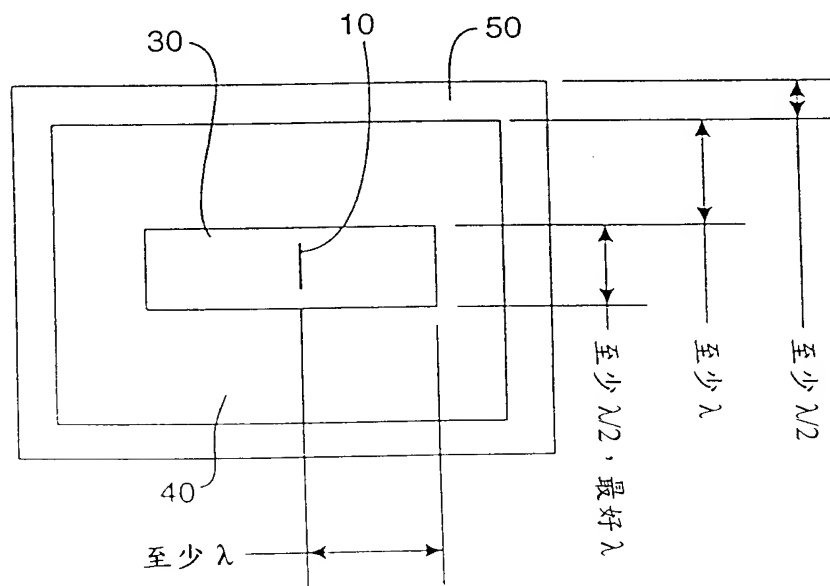
第 7 圖



第 8 圖



第 9 圖



第 10 圖